

마그네슘 판재의 고온 물성치 실험

최의근¹ · 이상욱[#]

Experiments for Material Properties of Magnesium Metal Sheet at Elevated Temperatures

E. K. Choi, S. W. Lee

Abstract

In this study, the repetitive loading-unloading tensile tests with AZ31B magnesium sheet metal have been conducted under various elevated temperatures to check out how the Young's moduli of the sheets evolve during the plastic deformation. The loading-unloading tests have been carried out at every 1% of strain increment. With the tested results, some damage parameters of magnesium sheets based on the Lemaitre's continuum damage theory could be calculated at room temperature, 100°C, 150°C, 200°C and 250°C. It has been shown that the critical damage parameters obtained in all temperature conditions are within the range of 0.12 to 0.18.

Key Words : AZ31B Mg alloy, Lemaitre damage model, High temperature, Loading-unloading tensile test

1. 서 론

마그네슘 합금은 밀도가 1.7g/cm³ 정도로 경량 합금소재로서 기존의 철강 재료와 비교하여 진동, 충격 흡수성과 전자파 차폐성이 우수하여 자동차 항공기 부품으로 널리 사용하고 있다. 이외에도 높은 비강도, 용접성, 부식 저항성이 우수한 것으로 알려져 있다. 최근에는 정보통신기기인 휴대폰, 노트북, 무전기 등 전자기기 산업 분야에도 응용이 확대되고 있다.

하지만 이러한 장점에도 불구하고 마그네슘 합금 판재는 육방조밀격자(hexagonal close-packed, HCP)구조로써 낮은 상온 강도와 연성 때문에 구조용 재료로서 한계점을 지니고 있어 널리 이용되지 못하고 있는 실정이다.

최근 마그네슘 합금 판재의 성형성 증대 및 판재 성형 공법을 실용화하기 위하여 고온 성형특

성 및 기계적인 성질, 즉, 온간, 열간 성형을 위한 연구가 활발히 진행되어왔다[1-4].

이에 김홍규 등은 마그네슘 합금 AZ31 판재의 물성치를 파악하고 Cockroft, Oyane 등이 제안한 파단 예측 식을 이용하여 파단이 일어날 때의 손상계수를 구하여 편차와 블랭크 사이에 열전달을 고려한 경우와 고려를 하지 않은 경우에 대해 유한요소해석을 수행하였으며[5], Mattos 등은 continuum damage theory를 이용하여 마그네슘 판재의 소성변형, strain-hardening, strain-softening, 변형률 속도 민감도에 따른 인장 시험을 수행하여 손상계수 파라미터 9개를 구하여 실제 인장 시험을 예측하고 그 결과를 비교 분석하였다[6].

본 연구에서는 마그네슘 판재 AZ31B의 고온 물성치를 파악하기 위하여 부하-제하(loading-unloading) 인장시험을 수행하고 이로부터 Lemaitre 손상 파라미터[7]를 구하여 그 결과를

1. 순천향대학교 기계공학과 대학원
교신저자: 순천향대학교 기계공학과
E-mail: swlee@sch.ac.kr

고찰 하였다.

2. 물성값 도출

2.1 부하-제하 인장시험

AZ31B 마그네슘 합금 판재의 Lemaitre 손상 파라미터 ϵ_{ro} (damage threshold plastic strain), ϵ_{rk} (rupture strain), D_c (critical damage parameter)를 구하기 위하여 Fig. 1와 같이 변형률 1% 단위로 부하-제하하여 인장시험을 수행하였으며 손상 파라미터 D 값을 구하기 위하여 E , \bar{E} 값을 측정 후 식 (1)을 이용하였다[7]. 사용된 소재는 포스코 (POSCO)사의 제품으로 초기 두께는 0.6 mm이다. 인장시험은 상온, 100°C, 150°C, 200°C, 250°C의 5가지의 온도 조건에서 수행하였으며, 변형률 속도는 $0.001S^{-1}$ 로 하였다. 시편은 ASTM E8M-08 subsize 시편 형상으로 제작하였으며, Fig. 2에 그 치수를 보였다. 인장시험에 사용된 시험기는 INSTRON 3369이며 Fig. 3에 나타내었다.

$$D = 1 - \frac{\bar{E}}{E} \quad (1)$$

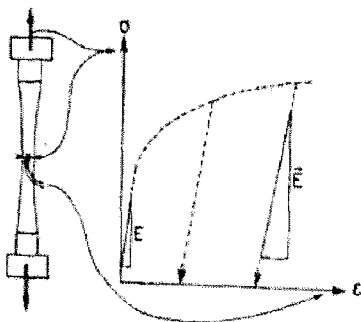


Fig. 1 Measure of damage elasticity modulus [7]

2.2 시험 결과

Fig. 4는 온도 조건에 따른 응력-변형률 선도와 각 기울기에 대한 영률 \bar{E} 값을 보여주고 있다. 기존에 보고된 바와 같이 온도가 증가 함에 따라 열적 연화 현상이 더욱 빨리 발생하고 있음을 보여주고 있다. 그러나 연화 현상이 발생하고 있음에도 기울기 즉, \bar{E} 값은 천천히 변하고 있음을 알 수 있다. Fig. 5는 온도에 따른 Lemaitre 손상 파라

미터 값을 나타내고 있다. Fig. 5에서 보듯, 초기 영률의 크기를 거의 그대로 유지하는 한계인 ϵ_{ro} 가 모든 온도 대역에서 존재하고 있다. 이 값은 실험결과 150°C에서 가장 큰 것으로 나타났다. 또한 손상 파괴가 일어나는 ϵ_{rk} 은 대체적으로 온도가 올라 갈수록 커짐을 알 수 있다. 손상 파라미터의 한계값인 D_c 는 상온을 제외하고는 대체적으로 0.12-0.18의 범위에 있는 것으로 나타났다.

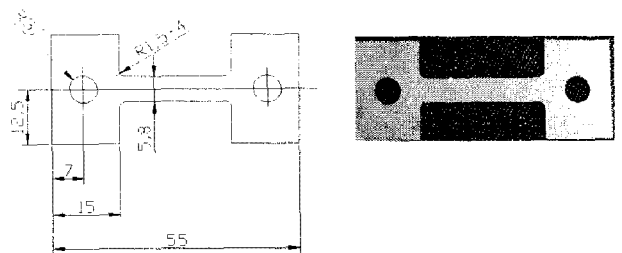


Fig. 2 Description of specimen used for the loading-unloading tensile test (ASTM E8M-08 Sub size)

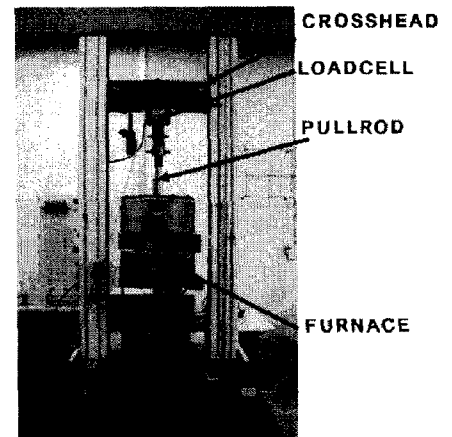
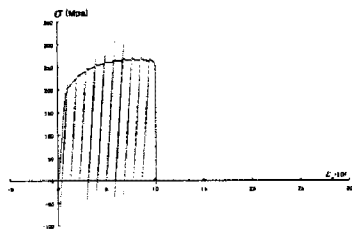


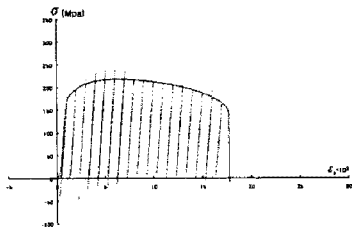
Fig. 3 Tensile testing apparatus

3. 결 어

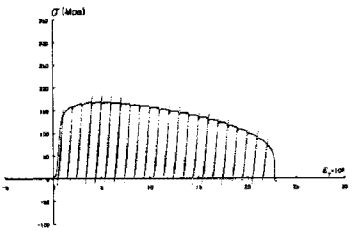
본 논문에서는 AZ31B 마그네슘 합금 판재의 고온 물성치를 구하기 위하여 부하-제하 인장시험을 수행하였다. 이를 통해 Lemaitre 손상 파라미터를 구하였다.



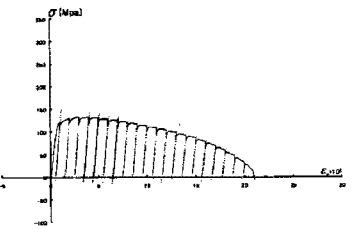
(a) Room temperature



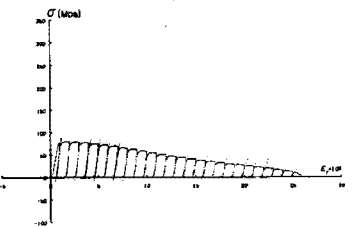
(b) 100 °C



(c) 150 °C

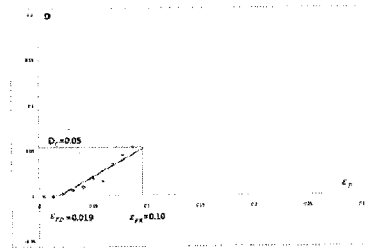


(d) 200 °C

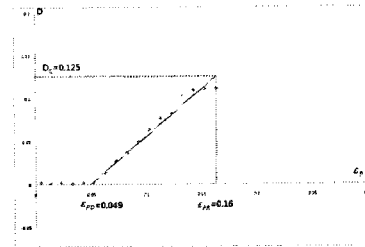


(e) 250 °C

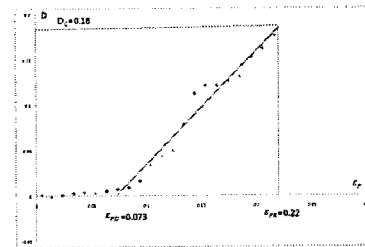
Fig. 4 Ductile plastic damage obtained from loading-unloading tensile tests at various temperatures



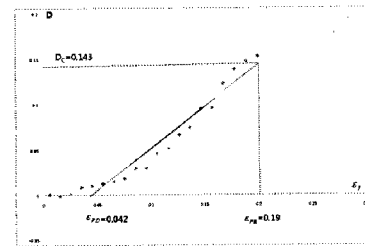
(a) Room temperature



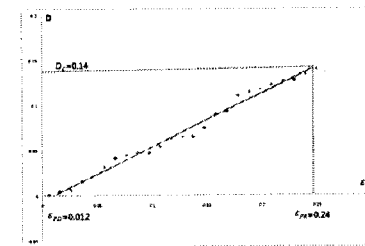
(b) 100 °C



(c) 150 °C



(d) 200 °C



(e) 250 °C

Fig. 5 Ductile damage evolutions at various temperatures

후 기

본 연구를 위해 AZ31B 마그네슘 판재를 지원해주신 포스코(POSCO)사의 관계자분들께 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] 이병호, 신광선, 이종수, 2004, AZ31 Mg 합금의 가공 조건에 따른 고온 성형성 연구, 대한금속재료학회지, 제 42권, 제9호, pp. 719~724.
- [2] E. doege and K. Droder, 2001, Sheet metal forming of magnesium wrought alloy-formability and process, J. Mater. Proc. Technol., Vol.115, pp.14~19.
- [3] 추동균, 오세웅, 이준희, 강충길, 2005, AZ31 마그네슘판재의 온간, 열간 딥드로잉 성형성 평가, 한국소성가공학회, 제14권, 제7호, pp. 628~634.
- [4] 김세호, 박기동, 장정호, 김경태, 이형욱, 이근안, 최석우, 2008, AZ31B 합금판재 성형관련 기초 물성 시험 및 해석, 한국소성가공학회 춘계 학술대회 논문집, pp. 336~369.
- [5] 김홍규, 이위로, 홍석관, 한병기, 김종덕, 2005, 마그네슘 합금 AZ31판재의 온간 사각킵 딥드로잉 성형성의 유한요소 해석, 한국소성가공학회 추계학술대회, pp. 122~125.
- [6] H.S. Costa Mattos, G. Minak, F. Di Gioacchino, A. Solda, 2008, Modeling the superplastic behavior of Mg alloy sheet under tension using a continuum damage theory, J. Mater. Design, Vol. 19, pp. 651~156.
- [7] Jean Lemaitre, 1985, A continuous damage mechanics model for ductile fracture, Journal of Engineering Material and Technology, Vol.107, pp.82~89.